# bureau de normalisation du québec

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Industrie et du Commerce

NORME

# SOLS
# DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT NON DRAINÉ DES SOLS COHÉRENTS À L'AIDE DU SCISSOMÈTRE DE CHANTIER

NQ 2501-200
88-02-29

88-05710/

Les demandes de renseignements concernant le présent document peuvent être adressées au Bureau de normalisation du Québec, ministère de l'Industrie et du Commerce, 50, rue Saint-Joseph Est, Québec, G1K 3A5. Tél.: (418) 643-5114.

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

ISBN 2-550-9319-4

©Bureau de normalisation du Québec

## AVANT-PROPOS

Le présent document a été élaboré par un comité technique formé des membres suivants:

| | |
|---|---|
| LAVALLÉE, Jean-Guy | Compagnie nationale de forage et sondage inc. |
| MARANDA, Rémy | Service géotechnique - Ministère de l'Énergie et des Ressources |
| OUIMET, Jean-Marc | Les laboratoires Ville-Marie inc. |
| PAQUETTE, Jean | Lupien, Rosenberg et associés inc. |
| PICHÉ, Robert | Service géologie et géotechnique - Hydro-Québec |
| ROY, Marius | Département de génie civil - Université Laval |
| TANGUAY, Luc | Service des sols et chaussées - Ministère des Transports |

Le présent document a été entériné par la sous-commission de normalisation de géotechnique, formée des membres suivants:

| | |
|---|---|
| DASCAL, Oscar | Direction de la sécurité des barrages - Hydro-Québec |
| GARNEAU, Raymond | Rousseau, Sauvé, Warren inc. - Consultants |
| LANGLOIS, Pierre | Laboratoire central - Ministère des Transports |
| LAVALLÉE, Jean-Guy | Compagnie nationale de forage et sondage inc. |
| LEFEBVRE, Guy | Département de génie civil - Université de Sherbrooke |
| PARÉ, Jean-Jacques | Service géologie et mécanique des sols - Société d'énergie de la Baie-James - Lavalin |
| PHILIBERT, Alain | Groupe-conseil S.M. inc. |
| TANGUAY, Luc | Service des sols et chaussées - Ministère des Transports |
| GENDRON, Pierre (coordonnateur) | Bureau de normalisation du Québec - Ministère de l'Industrie et du Commerce |

SOMMAIRE


| | | Page |
|---|---|---|
| 1. | OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION | 1 |
| 2. | RÉFÉRENCE | 1 |
| 3. | VOCABULAIRE | 1 |
| 4. | PRINCIPE | 2 |
| 5. | APPAREILLAGE | 2 |
| 6. | MODE OPÉRATOIRE | 4 |
| 7. | EXPRESSION DES RÉSULTATS | 5 |
| 8. | PROCÈS-VERBAL D'ESSAI | 5 |
| | FIGURE 1 - FORMES ET DIMENSIONS DES MOULINETS | 6 |

# SOLS - DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT NON DRAINÉ DES SOLS COHÉRENTS À L'AIDE DU SCISSOMÈTRE DE CHANTIER

## 1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente norme spécifie la façon de déterminer en place la résistance au cisaillement d'un sol cohérent à l'aide d'un scissomètre.

Cette méthode s'applique aux sols cohérents. La présence de stratifications, de matières organiques, de sable, d'une forte proportion de silt ou de particules grossières dans le dépôt peut influer sur les résultats et doit être notée au procès-verbal de l'essai.

## 2. RÉFÉRENCE

Le document suivant, auquel le texte se réfère, apporte un complément à la présente norme.

Bureau de normalisation du Québec (BNQ), ministère de l'Industrie et du Commerce, 50, rue Saint-Joseph Est, Québec, G1K 3A5.

CAN/BNQ 2501-110-M86 Sols - Détermination de la sensibilité des sols cohérents à l'aide du pénétromètre à cône suédois

NOTE 1 - Depuis janvier 1986, les lettres NQ sont utilisées dans le code de désignation des documents publiés par le Bureau de normalisation du Québec en remplacement du sigle BNQ précédemment utilisé. Désormais, selon la date de publication, les documents pourront porter le sigle BNQ ou NQ.

## 3. VOCABULAIRE

Aux fins du présent document, les termes suivants doivent être définis comme suit:

3.1 résistance au cisaillement non drainé d'un sol: propriété d'un sol à résister à la rupture lorsque des contraintes de cisaillement lui sont appliquées dans des conditions non drainées.

3.2 résistance au cisaillement du sol à l'état non remanié ($c_u$): résistance au cisaillement non drainé du sol dans son état non remanié mesurée conformément à la présente norme.

3.3 résistance au cisaillement du sol à l'état remanié ($c_{ur}$): résistance au cisaillement non drainé du sol mesurée après remaniement du sol, conformément à la présente norme.

NOTE 2 - Le rapport entre les résistances au cisaillement du sol à l'état non remanié et à l'état remanié définit un indice de remaniement qui peut différer de la sensibilité du sol déterminée à l'aide du cône suédois selon la norme CAN/BNQ 2501-110-M86.

## 4. PRINCIPE

L'essai consiste à appliquer un couple de torsion à un moulinet de dimensions définies préalablement enfoncé dans le sol au moyen d'un train de tiges. Le couple de torsion maximal mesuré au sommet du train de tiges est utilisé pour déterminer la résistance au cisaillement non drainé, en considérant la surface de révolution définie par le moulinet.

## 5. APPAREILLAGE

Le scissomètre est l'appareil servant à mesurer la résistance au cisaillement non drainé du sol. Ses composantes principales sont: le moulinet, le train de tiges et l'unité d'application du couple et de son système de lecture.

### 5.1 Moulinet

Le moulinet est composé de 4 pales fixées à angle droit à l'extrémité d'une tige centrale. Trois formes de moulinets conformes aux caractéristiques de la figure 1 peuvent être utilisées.

Les arêtes des pales doivent être en parfait état, propres, exemptes de toute encoche, de toute cassure ou de toute déformation apparentes. Les deux plans de fixation des pales doivent passer par l'axe de la tige et être perpendiculaires entre eux.

La grosseur du moulinet doit être choisie en fonction de la capacité et de la précision du système de lecture ou de la consistance du sol, ou des deux à la fois.

NOTE 3 - Il est important que les dimensions de chaque moulinet utilisé aient été préalablement déterminées avec une précision de 0,1 mm.

5.2 Train de tiges

Un train de tiges relie le moulinet à l'unité d'application du couple et de son système de lecture. Les tiges doivent être droites et en bon état, le gauchissement ne devant pas excéder 1/1000. Le diamètre des tiges doit être suffisant pour ne pas excéder leur limite élastique en torsion lorsque la capacité de l'appareil est atteinte. Les tiges doivent être vissées à bloc et leur raccordement doit empêcher tout resserrement possible lors de l'essai.

Lorsqu'un tubage est utilisé sur une longueur de plus de 5 m, les tiges doivent être centrées au moyen de guides installés à intervalles réguliers d'au plus 5 m.

5.3 Unité d'application du couple

Cette unité doit permettre d'appliquer à la tête du train de tiges un couple contrôlé de façon à obtenir, à cet endroit, une vitesse de rotation régulière comprise entre 0,1°/s et 0,4°/s.

5.4 Système de lecture

Le système de lecture doit permettre de déterminer en tout temps la valeur du couple appliqué.

5.5 Étalonnage de l'unité d'application du couple et de son système de lecture

Le système de lecture doit être étalonné avant le premier usage, tout comme il doit l'être au moins une fois par année ou après tout bris ou toute réparation pouvant affecter la mesure. L'unité d'application du couple et le système de lecture doivent permettre de connaître la valeur du couple avec une précision de 0,0015 kN·m.

5.6 Frottement des tiges

Un dispositif adéquat doit être prévu, soit pour minimiser le frottement le long des tiges, soit pour le mesurer. Avec des tubages de protection, des anneaux de centrage sont utilisés pour minimiser le frottement. Sans tubages de protection, un raccord à giration (voir note 4) installé au-dessus du moulinet permet de mesurer séparément le frottement le long des tiges et la résistance totale. Le frottement le long des tiges peut également être évalué avec des tiges enfoncées sans le moulinet à la même profondeur que celle de l'essai.

NOTE 4 - Le raccord à giration permet une certaine rotation du train de tiges avant le début de la rotation du moulinet. Lors de son utilisation, le train de tiges est tourné de quelques degrés dans le sens contraire de l'application du couple avant l'enfoncement du moulinet.

## 6. MODE OPÉRATOIRE

### 6.1 Installation du scissomètre

Le scissomètre doit être installé sur un appui stable avec un ancrage suffisant pour résister aux efforts dus au fonçage des tiges et à l'application du couple de torsion. Le train de tiges doit être enfoncé verticalement dans le sol.

### 6.2 Essai dans le sol non remanié

Le moulinet doit être enfoncé dans le sol de façon continue et sans qu'il y ait rotation. Le niveau d'essai doit être à une distance minimale de 0,5 m de l'extrémité du tubage, de l'avant-trou ou du niveau de l'essai précédent. Le moulinet doit être maintenu à une profondeur constante lors de l'essai.

L'unité d'application du couple doit être fixée adéquatement au train de tiges.

Le système de lecture doit être ajusté à zéro avant le début d'application du couple.

Le couple doit être ensuite appliqué de façon régulière et continue jusqu'à la rupture du sol. Les mesures du couple doivent être prises en nombre suffisant pour apprécier l'évolution de la contrainte appliquée jusqu'à la rupture du sol ou jusqu'à la capacité de l'appareil. La vitesse de rotation de la tête du train de tiges doit se situer entre 0,1°/s et 0,4°/s; à ce rythme, l'essai dure normalement entre 2 min et 5 min, à partir du moment d'application du couple sur le moulinet jusqu'à la rupture du sol. À grande profondeur, il devient nécessaire d'augmenter la vitesse de rotation de la tête du train de tiges, car, à cause de la torsion des tiges, la vitesse de rotation du moulinet est inférieure à celle de la tête du train de tiges. Dans tous les cas, la rupture doit être atteinte en moins de 5 min.

NOTE 5 - Lorsque le sol adhère aux pales et qu'il peut provoquer un bourrage du moulinet, l'adhésion peut être réduite en enduisant le moulinet d'un lubrifiant ou de téflon ou en utilisant un système avec gaine protectrice dans laquelle le moulinet est inséré lors du fonçage.

### 6.3 Essai dans le sol remanié

Si la détermination de la résistance au cisaillement à l'état remanié est requise, le moulinet et le train de tiges doivent être tournés à vitesse rapide: 10 révolutions dans le même sens que celui de l'application du couple de torsion. L'essai doit débuter moins de 1 min après le remaniement et se dérouler selon le mode décrit à l'article 6.2.

## 7. EXPRESSION DES RÉSULTATS

La résistance au cisaillement du sol est calculée à l'aide de la formule suivante:

$$c_u = \frac{KT}{C}$$

où $c_u$: résistance au cisaillement du sol, en kilopascals;

KT: couple en kilonewtons-mètres, où K est la constante de l'appareil et T, la lecture;

C : coefficient qui est fonction des dimensions et de la forme du moulinet, en mètres cubes (voir figure 1).

## 8. PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

Le procès-verbal d'essai doit contenir les informations suivantes:

a) identification du projet;

b) la date d'exécution;

c) le numéro de sondage et la profondeur de l'essai;

d) le type et le numéro de l'appareil;

e) les dimensions du moulinet et son numéro;

f) les résultats de la mesure;

g) le comportement de l'appareil lors de l'enfoncement des tiges et lors de l'essai;

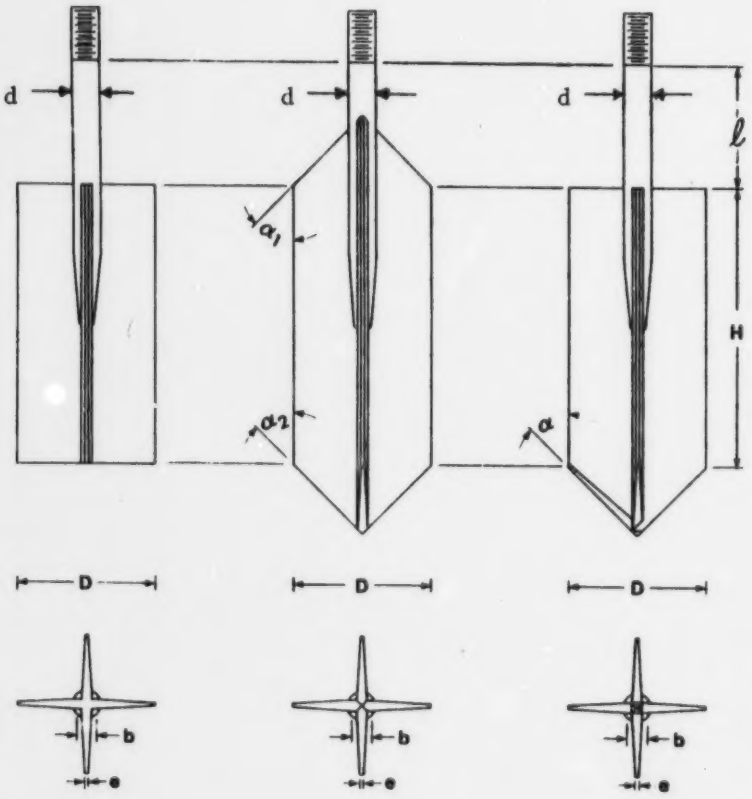
h) le nom de l'opérateur;

i) la présence de stratifications ou d'autres caractéristiques du sol en place lorsque c'est disponible;

j) la profondeur du refus à l'enfoncement, s'il y a lieu;

k) toute autre information susceptible de faciliter l'interprétation des résultats d'essais (état du moulinet, verticalité des tiges, adhérence du sol au moulinet, utilisation d'un lubrifiant, etc.).

NOTE 6 - Le procès-verbal doit apparaître directement sur le graphique enregistreur dans le cas d'un appareil à enregistrement continu.




Type 1 Type 2 Type 3

40 mm ≤ D ≤ 100

2 D ≤ H ≤ 2,5 D

e ≤ 1,5 mm

d = 13,5 ± 1 mm

ℓ = 50 mm ± 5 mm avec raccord de giration

ℓ = 10 d (min) sans raccord de giration

indice de surface i ≤ 10 %

FIGURE 1 - FORMES ET DIMENSIONS DES MOULINETS

Indice de surface (%)

$$i = 100 \left( \frac{2{,}5\ (D-b)\ e_m + b^2}{D^2} \right)$$

Coefficients de forme ($m^3$)

Type 1 $$C = \frac{\pi D^2 H}{10^9} \left( \frac{1}{2} + \frac{D}{6H} \right)$$

Type 2 $$C = \frac{\pi D^2 H}{10^9} \left( \frac{1}{2} + \frac{D}{12H\sin\alpha_1} + \frac{D}{12H\sin\alpha_2} \right)$$

Type 3 $$C = \frac{\pi D^2 H}{10^9} \left( \frac{1}{2} + \frac{D}{12H} + \frac{D}{12H\sin\alpha} \right)$$

où:

D : en millimètres
H : en millimètres
α : en degrés
b : diamètre moyen du centre du moulinet, en millimètres
$e_m$: épaisseur moyenne des pales, en millimètres



NQ 2501-200